

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА**

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ***

до практичних занять з дисциплін

***«ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ»***  
та  
***«ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЇ»***

(для студентів 3 курсу денної та 4 курсу заочної форм навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напрям підготовки  
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване  
природокористування»)

**ХАРКІВ  
ХНАМГ  
2011**

Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Фізичні основи екології» та «Фізичні аспекти екології» (для студентів 3 курсу денної та 4 курсу заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Галетич І.К. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 20 с.

Укладач: Ігор Костянтинович Галетич

Рецензент: доц. кафедри ІЕМ, канд. техн. наук К. Д. Бригінець

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,  
протокол № 1 від 29. 08. 2008 р.

© Галетич І.К., ХНАМГ, 2011

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Проблема охорони навколишнього середовища є дуже багатобічною та важливою. Її головним завданням та головним об'єктом уваги є Людина, її життя та діяльність у чистому природному середовищі.

Одним з найбільш розповсюджених факторів постійно впливаючих на Людину та інші живі організми є фізичні поля навколоземного простору (статичні електричні та магнітні поля, електромагнітні випромінювання, радіація, шуми, вібрація та інші).

Людина та інші живі організми з дня свого народження практично «плавають» в океані електромагнітних випромінювань та інших фізичних полів існуючих у біосфері. Розділ екології, який вивчає вплив фізичних полів на біосферу, встановлює допустимі рівні такого впливу та пропонує методи та заходи захисту від негативного впливу фізичних (енергетичних) забруднень навколишнього середовища, називають Фізичною Екологією.

Невідкладність комплексного вивчення проблеми біологічної дії електромагнітних полів обумовлена безперервно зростаючим електромагнітним фоном що є результатом зростання кількості радіо- та телевізійних станцій, розширенням мережи високовольтних ліній електропередач та атомних електростанцій, широким застосуванням радіоелектронних пристрійів у багатьох сферах народного господарства та іншими причинами. Дослідження рівня «електромагнітних забруднень» та їх біологічної ролі є одною з найактуальніших проблем екології.

Ліквідація глобальної екологічної кризи є на сьогодні найважливішим завданням людства. Велике значення для його вирішення має організація всебічної екологічної освіти, виховання екологічної свідомості студентів.

Важливе значення у навчальному процесі мають практичні заняття, які сприяють розвитку та творчому мисленню студента. Вони націлені на розширення знань, які студенти отримують на лекційних заняттях.

Метою вивчення дисциплін «Фізичні основи екології» та «Фізичні аспекти екології» (для студентів денної та заочної форми навчання відповідно) є формування уявлення про вплив природних і техногенних фізичних полів на стан довкілля і здоров'я людини та принципи санітарно-гігієнічного нормування впливу фізичних полів на здоров'я людини.

Навчальна програма курсу побудована за принципом єдності теорії та практики, що дає можливість студентам зрозуміти сутність явищ, які вивчаються та навчитись застосовувати отриманні знання у практичній діяльності.

У склад дисципліни входить один модуль, який включає два змістовних модуля:

Для студентів денної форми навчання:

Модуль 1. Фізичні основи екології

ЗМ 1. Фізичні основи екології

ЗМ 2. Фізичні чинники впливу

Для студентів заочної форми навчання:

Модуль 1. Фізичні аспекти екології

ЗМ 1. Фізичні основи екології

ЗМ 2. Фізичні чинники впливу

Курс складається з 15 тем, які послідовно розкривають актуальні наукові погляди та проблеми в галузі впливу природних та антропогенних забруднень хвильового походження на людину та довкілля. Ступінь опанування знаннями з кожної теми перевіряється за допомогою контрольних запитань до самоперевірки.

До програми курсу входять лекційне викладення теоретичного матеріалу, проведення практичних занять, підготовка контрольної роботи у формі реферату (для студентів заочної форми навчання).

Метою практичних занять є закріплення отриманих знань і засвоєння студентами основних положень курсу при розгляді конкретних проблем та ситуацій.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

- вміти дати оцінку і провести нормування рівнів шумового, вібраційного, електромагнітного, теплового забруднень, виконуючи необхідні розрахунки;
- вміти вибрати відповідні засоби та технології захисту від шкідливого впливу фізичних полів;
- знати основні закони і закономірності;
- мати уявлення щодо природи фізичних полів Землі: геомагнітного, електростатичного, електромагнітного; коливально-хвильових процесів (шуми, вібрації), спектру електромагнітних випромінювань;
- знати чинники техногенних фізичних забруднень довкілля;
- знати основні характеристик техногенних фізичних полів, в тому числі ті, що підлягають нормуванню;
- знати принципи санітарно-гігієнічного нормування і регулювання впливу фізичних забруднень на здоров'я людини в межах чинного законодавства України;
- мати уявлення про технології і засоби захисту від фізичних забруднень.

Програмою курсу передбачаються наступні форми поточного контролю знань студентів денної форми навчання зі змістовних модулів:

- Контрольна робота № 1 – з першого змістовного модулю;
- Контрольна робота № 2 – з другого змістовного модулю.

У відповідності до програми навчальної дисципліни контрольні роботи проводять на останньому практичному занятті відповідного змістового модулю.

Поточний контроль знань для студентів заочної форми навчання не передбачено.

Підсумковий контроль передбачає захист контрольного завдання і залік для студентів заочної форми навчання та залік для студентів денної форми навчання.

## **Зміст курсу**

### **Модуль 1. Фізичні основи екології (для студентів денної форми навчання) або Фізичні аспекти екології (для студентів заочної форми навчання)**

#### **Змістовний модуль 1. Фізичні основи екології**

- Тема 1.** Фізичні поля Землі і техногенні фізичні забруднення: Загальне поняття про техногенні фізичні забруднення. Основні типи забруднень. Класифікація техногенних фізичних забруднень. Сонячне випромінювання. Магнітосфера Землі. Атмосферна електрика.
- Тема 2.** Шуми: Загальні відомості про звук, акустичні характеристики. Спектральна чутливість вуха людини. Звукові коливання та хвилі. Поняття шуму, класифікації шумів. Джерела шумів природного та техногенного походження.
- Тема 3.** Вібрації: Поняття вібрації, характеристика основних параметрів вібрації. Допустимі рівні вібрації. Методи і засоби захисту від вібрацій. Інфразвук, нормування і заходи захисту від інфразвуку.
- Тема 4.** Електромагнітні поля (ЕМП): Поняття ЕМП, характеристика основних параметрів ЕМП, спектр ЕМП, основні положення електродинаміки. Основні джерела електромагнітних полів: електротранспорт, лінії електропередач, побутова електротехніка, теле- і радіостанції, супутниковий зв'язок, стільниковий зв'язок, персональні комп'ютери. Захист від впливу електромагнітного випромінювання.
- Тема 5.** Теплове випромінювання: Інфрачервоне випромінювання, області інфрачервоного діапазону, джерела інфрачервоного випромінювання. Радіаційний і тепловий баланс Землі. Теплові забруднення.
- Тема 6.** Ультрафіолетове випромінювання: Загальні поняття про ультрафіолетове випромінювання, природні та техногенні джерела ультрафіолетового випромінювання. Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання. Механізм формування та руйнування озонового шару.
- Тема 7.** Лазерне випромінювання: Загальні поняття про лазерне випромінювання та його властивості, основні поняття квантової електроніки. Квантові генератори та деякі області їх використання. Біологічна дія лазерного випромінювання.
- Тема 8.** Іонізуюче випромінювання: Загальні поняття про  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - та інші типи іонізуючого випромінювання та їх властивості. Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Допустимі рівні іонізуючого випромінювання, гігієнічна оцінка впливу іонізуючого випромінювання на людину. Методи і засоби захисту від іонізуючого випромінювання.

## **Змістовний модуль 2. Фізичні чинники впливу**

**Тема 1.** Сприйняття шуму людиною, нормування і заходи захисту від шумів.

**Тема 2.** Гігієнічна оцінка впливу вібрації на людину.

**Тема 3.** Вплив електромагнітного випромінювання на здоров'я і критерії його нормування

**Тема 4.** Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання.

**Тема 5.** Біологічна дія лазерного випромінювання.

**Тема 6.** Гігієнічна оцінка впливу іонізуючого випромінювання на людину.

**Тема 7.** Ентропія, біосфера, охорона навколишнього середовища: Необхідні та достатні умови існування систем. Ентропія Землі. Ентропія та критерій технічного прогресу.

### **Теми практичних занять**

**Модуль 1. Фізичні основи екології (для студентів денної форми навчання) або**  
**Фізичні аспекти екології (для студентів заочної форми навчання)**

<b>ЗМ 1.1. Фізичні основи екології</b>
1. Характеристики геофізичних полів. Геопатогенні зони – вимірювання і картографування.
2. Розрахунки об'єктивних акустичних характеристик.
3. Характеристики електромагнітних полів.
4. Теплове забруднення довкілля. Червоне та синє зміщення частоти.
5. Ультрафіолетове випромінювання. Цикл Чепмена.
6. Лазерне випромінювання: Умови існування квантових генераторів.
7. Іонізуюче випромінювання. Ланцюгові ядерні реакції.
<b>ЗМ 1.2. Фізичні чинники впливу</b>
8. Розрахунки шумових характеристик джерел шуму.
9. Гігієнічна оцінка впливу вібрації на людину.
10. Вплив електромагнітного випромінювання на здоров'я і критерії його нормування. Розрахунок щільності потоку потужності джерела електромагнітного випромінювання.
11. Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання.
12. Біологічна дія лазерного випромінювання.
13. Гігієнічна оцінка впливу іонізуючого випромінювання на людину.
14. Вирогідністний зміст ентропії. Дисипативні структури. Властивості ентропії невірноважених структур. Піраміда ентропії.

## **Методичні рекомендації з підготовки до практичних занять**

Підготовка до практичних занять починається після опрацювання лекційного та іншого навчального матеріалу.

Практичні заняття з курсу є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу є неможливим. Студент повинен ознайомитися з відповідним розділами в рекомендованій літературі і підготувати відповіді на контрольні питання до практичного заняття, обміркувати приклади. Студент отримує від викладача тему доповіді (довжина доповіді не може перевищувати 10 хвилин) яку він повинен підготувати і доповісти на одному з наступних занять. Після доповіді проводять її аналіз і дискусію з участю усіх студентів групи.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

### **Змістовний модуль 1. Фізичні основи екології**

**Тема 1. Характеристики геофізичних полів. Геопатогенні зони – вимірювання і картографування.**

#### *Контрольні запитання*

1. Перелічіть основні джерела, що створюють природний електромагнітний фон в біосфері Землі.
2. У чому проявляються сонячно-земні зв'язки?
3. Наведіть приклади впливу сонячних бурь на земні процеси.
4. Поясніть явище полярних сьйв. Що їх спричинює?
5. Назвіть основні складові струму в атмосфері.
6. Перелічіть відомі вам джерела іонізації атмосфери.
7. Наведіть приклади природних джерел атмосферної електрики.
8. Поясніть роль іоносфери в сонячно-земних зв'язках та її значення для біосфери.
9. Що мають на увазі під терміном «геопатогенна зона»? Наведіть приклади пояснень походження геопатогенних зон.

**Тема 2. Розрахунки об'єктивних акустичних характеристик.**

#### *Контрольні запитання*

1. Розкрийте фізичне поняття звуку.
2. Як залежить швидкість і характер розповсюдження звукових коливань від частоти?
3. За допомогою яких величин характеризують звукові коливання?
4. Охарактеризуйте залежність розповсюдження інфразвукових та ультразвукових коливань від густини та пружності середовища.

**Тема 3. Характеристики електромагнітних полів.**

#### *Контрольні запитання*

1. Поясніть залежність характеру розповсюдження електромагнітних випромінювань від частоти, довжини хвилі, типу джерела випромінювання.

2. Поясніть методику вимірювань електромагнітних полів та наведіть приклади приладів для вимірювання.
3. Опишіть спектри електромагнітних випромінювань.
4. Надайте поняття електростатичного поля та опишіть його основні характеристики.
5. Поясніть закон збереження заряду та квантування заряду.
6. Поясніть закон Кулона та рівняння Пуассона і Лапласа. Опишіть електричний потенціал.
7. Наведіть основні положення електродинаміки. Приведіть рівняння Максвелла та хвильові рівняння.
9. Поясніть закон зберігання енергії для електромагнітних полів. Розкрийте поняття вектора Умова — Пойнтинга.

#### ***Тема 4. Теплове забруднення довкілля. Червоне та синє зміщення частоти.***

##### *Контрольні запитання*

1. Опишіть коротко процеси поглинання, розсіювання та відбивання інфра-червоного (теплого) випромінювання в атмосфері та на поверхні Землі.
2. Охарактеризуйте техногенні джерела теплового забруднення довкілля.
3. Поясніть механізми теплового забруднення поверхневих водойм.

#### ***Тема 5. Ультрафіолетове випромінювання. Цикл Чепмена.***

##### *Контрольні запитання*

1. Опишіть процеси розповсюдження ультрафіолетового випромінювання в атмосфері, характер його поглинання різними складовими атмосферного повітря.
2. Наведіть приклади техногенних джерел ультрафіолетового випромінювання.
3. Опишіть захисні властивості атмосфери від дії ультрафіолетового випромінювання.

#### ***Тема 6. Лазерне випромінювання: Умови існування квантових генераторів.***

##### *Контрольні запитання*

1. Поясніть поняття про енергетичні рівні, спонтанний та індукційований переходи. Що описують коефіцієнти Ейнштейна?
2. Що таке інверсна заселеність? Поясніть поняття негативних температур. Опишіть методи створення інверсної заселеності (методи «закачування»).

#### ***Тема 7. Іонізуюче випромінювання. Ланцюгові ядерні реакції.***

##### *Контрольні запитання*

1. Охарактеризуйте види іонізуючих випромінювань ( $\alpha$ -випромінювання,  $\beta$ -випромінювання, нейтроне випромінювання, рентгенівське випромінювання,  $\gamma$ -випромінювання). Наведіть одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання.
2. Опишіть методи спостереження та реєстрації іонізуючих випромінювань.
3. Опишіть ланцюгові ядерні реакції.



## **Змістовний модуль 2. Фізичні чинники впливу**

### **Тема 1. Розрахунки шумових характеристик джерел шуму.**

#### *Контрольні запитання*

1. Опишіть особливості сприйняття звуку та шуму людським вухом.
2. Назвіть принципи нормування шумового забруднення довкілля. Наведіть приклади гранично допустимих рівнів звуку для приміщень та територій різного призначення.
3. Наведіть акустичні характеристики, які використовують для нормування шуму. Перелічіть основні нормативні документи з регулювання шумового впливу.

### **Тема 2. Гігієнічна оцінка впливу вібрації на людину.**

#### *Контрольні запитання*

1. Охарактеризуйте дію вібрації на організм людини.
2. Опишіть методи й засоби захисту від вібраційного забруднення довкілля.
3. Опишіть коротко техніку вимірювань вібрацій і наведіть приклади приладів для вимірювання.

### **Тема 3. Вплив електромагнітного випромінювання на здоров'я і критерії його нормування. Розрахунок щільності потоку потужності джерела електромагнітного випромінювання.**

#### *Контрольні запитання*

1. Сформулюйте принципи нормування впливу електромагнітних випромінювань.
2. Які величини та характеристики електромагнітних випромінювань підлягають нормуванню?
3. Як електромагнітні випромінювання різних частот впливають на здоров'я людини?
4. Які засоби та матеріали використовують для захисту довкілля від електромагнітного забруднення?

### **Тема 4. Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання.**

#### *Контрольні запитання*

1. Охарактеризуйте біологічну дію ультрафіолетового випромінювання і його роль у біосфері.
2. Поясніть негативний і корисний вплив ультрафіолетового випромінювання на здоров'я людини.

### **Тема 5. Біологічна дія лазерного випромінювання.**

#### *Контрольні запитання*

1. Охарактеризуйте джерела лазерних випромінювань та їх вплив на здоров'я людини.
2. Опишіть лазерне зондування атмосфери. Поясніть методи оптичної локації, комбінаційного розсіювання та резонансної флуоресценції.

3. Поясніть дію лазерів на зор та побічні негативні фактори при роботі з лазерами.
4. Поясніть дію лазерного випромінювання на шкіру.

### **Тема 6. Гігієнічна оцінка впливу іонізуючого випромінювання на людину.**

#### *Контрольні запитання*

1. Опишіть біологічну дію продуктів радіоактивності.
2. Поясніть методи захисту від іонізуючих випромінювань.
3. Охарактеризуйте засоби індивідуального захисту.
4. Опишіть способи складування, транспортування та знищення відходів радіоактивних продуктів.

### **Тема 7. Вирогідністний зміст ентропії. Дисипативні структури. Властивості ентропії невірноважених структур. Піраміда ентропії.**

#### *Контрольні запитання*

1. Поясніть друге начало термодинаміки та закон зростання ентропії. Зокрийте вирогідністний зміст ентропії.
2. Поясніть, що таке дисипативні структури. Опишіть властивості ентропії невірноважених структур. Поясніть що таке піраміда ентропії.
3. Надайте необхідні та достатні умови існування систем. Поясніть поняття ентропія Землі. Опишіть ентропія як критерий технічного прогресу.

### **Пояснювальні матеріали до деяких тем практичних занять**

#### **До Теми 2. Розрахунки об'єктивних акустичних характеристик**

Звуком називають хвилеподібні коливання часток пружних середовищ – твердого тіла, рідини, газу. Розповсюджуючись у просторі, звукові коливання створюють акустичне поле.

Для описування коливальних процесів пружного середовища в акустиці прийняті наступні об'єктивні характеристики та поняття.

У випадку періодичних коливань швидкість розповсюдження звуку  $v$  у пружному середовищі пов'язана з довжиною хвилі  $\lambda$ , частотою  $f$  та періодом  $T$  співвідношенням:

$$v = \lambda f = \lambda / T \quad (1)$$

Частоту коливань ( $f$ ) вимірюють в герцах (**Гц**, **Hz**). Герц – одиниця виміру частоти періодичних процесів. Один герц відповідає одному періоду коливань в секунду. Період ( $T$ ) – величина, зворотна частоті.

Залежно від частоти акустичні коливання поділяють на звук, що сприймається органами слуху людини (від 16 Гц до 20 кГц), ультразвук (понад 20 кГц) та інфразвук (менше 16 Гц). Діапазон частот від  $10^9$  до  $10^{13}$  Гц називають гіперзвуком. Звукові коливання, які створюються голосом людини, лежать в діапазоні 300-4000 Гц.

Швидкість розповсюдження звукових хвиль для різних середовищ визначається їх густиною та пружністю. У повітрі за нормальних умов швидкість звуку складає 331,46 м/с (1193 км/ч). У воді швидкість звуку складає 1485 м/с, в твердих тілах – 2000-6000 м/с.

Швидкість розповсюдження звуку в повітрі й газах визначається за формулою Лапласа:

$$C = \sqrt{K \frac{P}{\rho}}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

де  $K$  – показник адіабати (для повітря  $K = 1,41$ );  $P$  – атмосферний тиск, дин/см<sup>2</sup> (дина – сила, здатна надати масі в 1 г прискорення 1 см/с<sup>2</sup>);  $\rho$  – густина середовища, г/см<sup>3</sup>.

При підвищенні тиску швидкість звуку змінюється незначно, оскільки при цьому збільшується й густина середовища. При підвищенні температури густина середовища зменшується і швидкість звуку збільшується. В цьому випадку швидкість звуку можна визначити за формулою:

$$C = 333,1 \cdot \sqrt{1 + \alpha \cdot t}, \quad (3)$$

де  $\alpha = 1/273$  – коефіцієнт розширення повітря;  $t$  – температура повітря, °С. При  $t=0^\circ\text{C}$   $C=331,3$  м/с ;  $t=15^\circ\text{C}$   $C=340,3$  м/с ;  $t=20^\circ\text{C}$   $C=343,1$  м/с.

При підвищенні температури повітря на 1°С швидкість звуку зростає на 0,6 м/с.

Швидкість поширення звукової хвилі у воді в межах зміни температури  $t$  від 0 до 25°С можна визначити з достатнім ступенем точності по аналогії з повітрям:

$$C = 1390 + 3,3 t, \quad (4)$$

При  $t=0^\circ\text{C}$ ,  $C=1390$  м/с; при  $t=15^\circ\text{C}$ ,  $C=1440$  м/с; при  $t=20^\circ\text{C}$ ,  $C=1456$  м/с.

У табл. 1 наведені швидкості поширення звукової хвилі у різних середовищах.

**Таблиця 1 – Швидкість звуку для різних середовищ**

<i>Середовище</i>	<i>Густина, <math>\rho</math>, г/см<sup>3</sup> при <math>t \approx 20^\circ\text{C}</math></i>	<i>Швидкість звуку <math>C</math>, м/с</i>
Алюміній	2,7	5100
Сталь	7,8	5000
Мідь	8,89	3600
Латунь	8,47	3400
Деревина	0,6-0,9	3000-4000
Пробка	0,22-0,26	500
Гума	0,95	35-70
Вода	1	1456
Бензин	0,899	1200-1900
Спирт (етиловий)	0,791	1150
Ацетон	0,792	1190
Повітря	0,00129	344

Основні акустичні характеристики включають наступні величини: звуковий тиск (Н/м<sup>2</sup>), силу звуку (Вт/м<sup>2</sup>), потужність звуку (Вт), рівень сили звуку (гучність) (дБ), рівень звукового тиску (дБ), рівень звукової потужності (дБ).

**Звуковий тиск** – це різниця між атмосферним тиском і тиском звукової хвилі в певній точці звукового поля, де відбувається стискання й розрідження повітря. Для людини існує нижня і верхня межі чутливості звукових тисків. Нижню межу називають порогом чутливості (або чутності), верхню – больовим порогом.

**Поріг чутливості** – це дуже незначна зміна звукового тиску, яку спроможне сприйняти людське вухо. Найкраща чутливість незначної зміни звукового тиску для людини спостерігається при частоті  $f = 1000$  Гц. Тиск на порозі чутливості при частоті  $f = 1000$  Гц приймають  $P_o = 2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>.

**Больовий поріг** – це максимальний звуковий тиск, що сприймається людським вухом як звук при частоті  $f = 1000$  Гц, і становить  $P_b = 20$  Н/м<sup>2</sup>.

**Звукову потужність  $W$**  визначають за формулою:

$$W = I \cdot S, \text{ Вт}, \quad (5)$$

де  $I$  – сила звуку, Вт/м<sup>2</sup>;  $S$  – площа, яка приймає потік звукової енергії, м<sup>2</sup>.

**Сила звуку** – це потік звукової енергії, що проходить за 1 с через площу 1 м<sup>2</sup>, перпендикулярно до напрямку поширення звукової хвилі. Визначається за формулою:

$$I = \frac{P^2}{\rho C}, \text{ Вт/м}^2, \quad (6)$$

де  $P$  – звуковий тиск, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – густина повітря, г/см<sup>3</sup>;  $C$  – швидкість звука.

Сила звуку на межі чутливості дорівнює  $I_o = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а на больовій межі  $I_b = 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>.

Добуток  $\rho \cdot C$  називають питомим акустичним опором середовища, в якому розповсюджується звук. Питомий акустичний опір, так само як і швидкість звуку, для різних речовин відрізняється (табл.).

**Таблиця 2 – Параметри розповсюдження звуку в різних речовинах**

<b>Середовище (речовина)</b>	<b>Швидкість звуку <math>C</math>, м/с</b>	<b>Густина речовини <math>\rho</math>, г/см<sup>3</sup></b>	<b>Акустичний опір <math>\rho \cdot C</math>, г/см<sup>2</sup></b>
Повітря	344	$1,205 \cdot 10^{-3}$	41
Вулканізована гума	54	0,92	5000
Пробка	480	0,24	12 000
Деревина:			
- вздовж волокон	5000	0,5	250 000
- поперек волокон	2400	0,5	120 000
Цегла	3552	2,0	730 000
Залізобетон	5100	6,0	1 330 000
Сталь	4990	7,8	2 900 000
Алюміній	5105	2,71	1 380 000
Скло	4000	3,0	1 200 000
Вода	1500	1,0	1500

Між межею чутливості та больовою межею існує приблизна логарифмічна залежність. У техніці для вимірювання звукового тиску, сили звуку та звукової потужності приймають логарифмічну шкалу, особливістю якої є те, що кожна наступна ступінь більше попередньої у 10 разів. З цієї ж причини умовно приймають одиницю вимірювання рівня звуку – бел (Б). У техніці використовують децибел – дБ (0,1 Б).

Рівень сили звуку (інтенсивність звуку) визначають за формулою:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_o}, \text{ дБ}, \quad (7)$$

де  $I$  – фактична сила звуку, Вт/см<sup>2</sup>;  $I_o$  – сила звуку на межі чутливості, Вт/м<sup>2</sup>, дорівнює  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.

Рівень звукового тиску визначають за формулою:

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_o}, \text{ дБ}, \quad (8)$$

де  $P$  – фактичний звуковий тиск, Н/м<sup>2</sup>;  $P_o$  – звуковий тиск на межі чутливості, приймають  $2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>.

### До Теми 3. Характеристики електромагнітних полів.

Електромагнітне випромінювання (ЕМВ) є хвильовими електромагнітними коливаннями, які розповсюджуються у просторі з кінцевою швидкістю, що залежить від властивостей середовища.

Основними параметрами електромагнітних коливань є довжина хвилі ( $\lambda$ ) і частота ( $f$ ), що пов'язана з довжиною хвилі оборотною залежністю (для умов розповсюдження хвилі у повітрі):  $f = c/\lambda$ , де  $c$  – швидкість світла. Частоту коливань ЕМВ вимірюють у герцах.

Спектр ЕМВ дуже широкий і простягається від наддовгих хвиль (декілька тисяч метрів і більше) до короткохвильового  $\gamma$ -випромінювання (з довжиною хвилі менше  $10^{-12}$  см). У наступній таблиці наведена шкала електромагнітних хвиль.

Шкала електромагнітних хвиль

Довжина хвилі	Найменування	Частота	
$> 10^4$ м	№ 1-4. Наддовгі хвилі	$< 30$ КГц	Радіохвилі
$10^3 - 10^4$ м	№ 5. Кілометрові хвилі (НЧ – низькі частоти)	30 - 300 КГц	
$10^2 - 10^3$ м	№ 6. Гектометрові хвилі (СЧ – середні частоти)	300 КГц - 3 МГц	
$10 - 10^2$ м	№ 7. Декаметрові хвилі (ВЧ – високі частоти)	3 - 30 МГц	
1 - 10 м	№ 8. Метрові хвилі (ДВЧ – дуже високі частоти)	30 - 300 МГц	
0,1 - 1 м	№ 9. Дециметрові хвилі (УВЧ – ультрависокі частоти)	300 МГц - 3 ГГц	
1 см - 0,1 м	№ 10. Сантиметрові хвилі (НВЧ – надвисокі частоти)	3 - 30 ГГц	
1 мм - 1 см	№ 11. Міліметрові хвилі (міліметровий діапазон)	30 - 300 ГГц	
0,1 мм - 1 мм	Субміліметрові хвилі	300 - 3000 ГГц	
0,76 - 100 мкм	Інфрачервоне випромінювання (ІЧ-діапазон)	3000 ГГц - $4,3 \cdot 10^{14}$ Гц	Оптичний діапазон
0,38 - 0,76 мкм	Видимий діапазон	$4,3 \cdot 10^{14}$ - $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц	
100 Å - 0,38 мкм	Ультрафіолетове випромінювання (УФ-діапазон)	$7,5 \cdot 10^{14}$ - $3 \cdot 10^{16}$ Гц	
0,1 - 100 Å	Рентгенівський діапазон (X-rays)	$3 \cdot 10^{16}$ - $3 \cdot 10^{19}$ Гц	Іонізуючі випромінювання
0,001 - 0,1 Å	$\gamma$ -випромінювання	$3 \cdot 10^{19}$ - $3 \cdot 10^{21}$ Гц	
$< 0,001$ Å	Космічне $\gamma$ -випромінювання	$< 3 \cdot 10^{21}$ Гц	

### Класифікація радіохвиль

Частотний діапазон	Частота	Найменування частот			Довжина хвилі	Найменування частот	
		Міжнародне	Прийняте у гігієнічній практиці			Міжнародне	Прийняте у гігієнічній практиці
-	≤ 3 Гц	немає	ІЗЧ (інфразвукова частота)	РЧ (радіочастоти)	> 10 <sup>4</sup> км	немає	немає
1	3 - 30 Гц	ДНЧ (дуже низька частота)			10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup> км	декаметрові	немає
2	30 - 300 Гц	ННЧ (наднизька частота)	ЗЧ (звукова частота)		10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup> км	мегаметрові	немає
3	0,3 - 3 кГц	ІНЧ (інфранизька частота)			10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup> км	гектометрові	немає
4	3 - 30 кГц	ОНЧ (очень низкая частота)			10 - 100 км	меріаметрові	немає
5	30 - 300 кГц	НЧ (очень низкая частота)	ВЧ (висока частота)		1 - 10 км	кілометрові	ДВ (довгі хвилі)
6	0,3 - 3 МГц	СЧ (середня частота)			0,1 - 1 км	гектометрові	СВ (середні хвилі)
7	3 - 30 МГц	ВЧ (висока частота)			10 м - 100 м	декаметрові	КВ (короткі хвилі)
8	30 -300 МГц	ОВЧ (очень высокая частота)	УВЧ ультрависока частота)		1 м - 10 м	метрові	УКВ (ультракороткі хвилі)
9	0,3 - 3 ГГц	УВЧ (ультрависока частота)	СВЧ (надвисока частота)	0,1 м -1 м	дециметрові	МКХ (мікрохвилі)	
10	3 - 30 ГГц	НВЧ (надвисока частота)		1 см - 10 см	сантиметрові		
11	30 - 300 ГГц	ДВЧ (дуже висока частота)		1 мм - 10 мм	міліметрові		

Електричне поле у 5-8 діапазонах частот оцінюють напруженістю поля. Одиницею вимірювання напруженості поля для електричної частини є Вольт на метр – В/м. Напруженість електричного поля – векторна характеристика електричного поля у даній точці яка дорівнює відношенню сили  $F$ , діючої на заряд, розміщений у даній точці поля та величини цього заряду  $q$ .

$$E = F/q \quad [Н/Кл], [В/м]$$

Електромагнітне поле у 9-11 діапазонах частот оцінюють через поверхневу щільність потоку енергії (ЩПЕ). Одиницею вимірювання ЩПЕ є Вт/м<sup>2</sup> ( $1 \text{ Вт/м}^2 = 0,1 \text{ мВт/см}^2 = 100 \text{ мкВт/см}^2$ ). Поверхнева щільність потоку енергії – це величина потоку, яка приходить на одиницю площі. 1 Вт – це енергія в 1 Дж, яке переноситься полем на протязі 1 секунди.

## Основні положення електродинаміки

**Рівняння Максвелла.** Повну картину електромагнітного поля описують чотирма рівняннями Максвелла які є узагальненням теорії Фарадея про електромагнетизм. Узагальнення стало можливим після того, як Максвелл увів поняття току зміщення, фізичний сенс якого полягає в тому, що магнітне поле створюється не тільки рухаючимися зарядами (током), але і будь якою зміною з часом електричного поля. Це положення про зв'язок швидкості змінення електричного поля з напруженістю магнітного поля аналогічно закону індукції Фарадея, згідно з яким змінення напруженості магнітного поля призведе до того, що з'являється вихреве електричне поле.

Відкриття Максвеллом току зміщення стало головним фактором при будівництві електромагнітної теорії яка узагальнює усі явища електромагнетизму.

Рівняння Максвелла для електромагнітних полів у вакуумі при наявності електричного заряду з щільністю  $\rho$  та електричного току з щільністю  $J$  зарядів які рухаються (у системі СГС):

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \overline{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \overline{B}}{\partial t}, \\ \operatorname{rot} \overline{B} &= \frac{1}{c} \frac{\partial \overline{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} J, \\ \operatorname{div} \overline{E} &= 4\pi\rho, \\ \operatorname{div} \overline{B} &= 0\end{aligned}$$

де  $E$  — напруженість електричного поля;  $B$  — індукція магнітного поля;  $c$  — швидкість світла.

Перше рівняння висвітлює закон індукції Фарадея: змінення з часом магнітного поля породжує вихреве електричне поле. Друге рівняння показує залежність магнітного поля від швидкості змінення електричного поля і таким чином від щільностей токів зміщення та провідимості. Без урахування токів зміщення це рівняння є законом Біо і Савара для магнітного поля току провідності. Третє рівняння еквівалентно закону Кулона (в частинному випадку закону Гауса) та показує потік електричного поля  $E$  через будь яку замкнену поверхню, який залежить від повного заряду  $\rho$ , охопеного цією поверхнею. Четверте рівняння показує, що силові лінії магнітного поля завжди замкнені що свідчить про відсутність у природі вільних магнітних зарядів.

### *До Теми 8. Розрахунки шумових характеристик джерел шуму.*

**Вентилятор.** Рівень звукової потужності  $L_p$  в октавній полосі шуму, від вентиляторного приладу у воздуховоді рахується по формулі:

$$L_p = K_{ш} + 20 \lg p_B + 10 \lg V - \Delta L_1 + \Delta L_2 + \delta - 20$$

де  $K_{ш}$  — критерій шумності який визначають в залежності від типу приладу;  $p_B$  — повний тиск, Па;  $V$  — об'ємний розхід повітря у вентиляторі; м<sup>3</sup>/с;

$\Delta L_1$  — поправка для учета распределения звуковой мощности вентилятора по октавным полосам частот;  $\Delta L_2$  — поправка для учета акустического влияния присоединения воздуховода к вентилятору;  $\delta$  — поправка, учитывающая режим работы вентилятора (от 0 до 4 дБ).

**Компрессор.** Компрессорні та вентиляторні прилади є найбільш розповсюдженими джерелами шуму. У випадку роботи стаціонарного компресора розповсюдження шуму у навколишньому середовищі трапляється через всасиваючі та вихлопні дірки воздуховодів. Задля рухомих компресорних станцій з декількома джерелами для оцінки рівня шумів використовують рівень звуку на відстані 1 — 7 м від станції.

**Газовий потік.** Під час вибросу повітря під тиском у турбореактивних двигунах (ТРД) з'являється інтенсивний шум, джерелом якого є високошвидкісний потік повітря. Загальний рівень звукової потужності у широкому діапазоні частот можна оцінити використавши приблизну формулу:

$$L_p = 80 \lg v_c + 20 \lg p_c + 10 \lg S - K$$

де  $V_c$  — швидкість течії газу з сопла;  $p_c$  — щільність потоку на виході сопла;  $S$  — площа сопла;  $K$  — залежить від температури потоку (для холодного потоку  $K = 57$  дБ, для ТРД —  $K = 44$  дБ).

**Газотурбинний прилад (ГТП).** Інтенсивний шум виникає при роботі ГТП через рух повітря у протипомпажних клапанах. При цьому виникає тональний шум осевого компресору з максимумом випромінювання у високочастотній області спектру, дискретні частини якого рахують по формулі:

$$f_i = izw/60$$

де  $z$  — число лопаток робочого колеса першого ступеня компресора;  $w$  — частота крутіння ротора, об/мин;  $i$  — номер гармоніки (1, 2, 3...).

Загальна звукова міцність  $W_n$  шуму для передзвукового багаторівневого осевого компресора, дорівнює:

$$W_{ze} = 0,5 \left( \frac{1 - \eta_{ad}}{\eta_{ad}} \right)^2 \cdot \frac{m_t H_{ad}^2}{\rho v^3 D^2}$$

$\eta_{ad}$  — адіабатичний ККД першого ступеню компресора;  $m_t$  — масовий розхід повітря через компресор, кг/с;  $p$  — щільність повітря на вході у компресор, кг/м<sup>3</sup>;  $H_{ad}$  — адіабатичний напір, Дж/кг;  $D$  — діаметр першої ступени компресора, м;  $v = 20,1$  швидкість звуку у повітрі, м/с;  $T$  — температура повітря, °C.



### **До Теми 13. Гігієнічна оцінка впливу іонізуючого випромінювання на людину.**

Іонізуюче випромінювання є великою загрозою для живих організмів біосфери, особливо для людини. З цим типом фізичних полів треба бути дуже уважним, тому що дуже часто радіоактивність не маючи кольору, запаху та інших властивостей які може відчувати людина, вкрай негативно впливає на живі організми. Енергія іонізуючих випромінювань достатня для того, щоб вызивати деструкцію атомних та молекулярних зв'язків в живій клітині, ведучи до її загибелі. Чим інтенсивніше процес іонізації у живій тканині, тим більшим є біологічний вплив цього випромінювання на живий організм. В організмі з'являються різні радикали, що веде до появи нехарактерних для живої здорової тканини речовин. Крім того, спричинений іонізуючою дією радіоактивності розвал молекул води на гідроген та гідроксильну групу веде до порушень у біохімічних процесах.

Якщо характеризувати біологічну дію радіоактивності то розрізняють зовнішній і внутрішній вплив. Зовнішній вплив має місце коли джерело радіації знаходиться поза організмом і продукти радіоактивності не потрапляють до внутрішніх частин організму. При цьому найбільш небезпечними є  $\beta$ -,  $\gamma$ -, рентгенівські та нейтронні промені. Якщо радіоактивні продукти потрапляють до внутрішніх частин організму то має місце внутрішній вплив. При цьому негативні наслідки діють до тих пір, поки радіоактивна речовина не розпадеться або не покине організм в результаті фізіологічного обміну.

Характер радіаційного ураження на різних рівнях біологічної організації

Рівень	Реакція	Час прояву
Молекулярний	Пошкодження ДНК, РНК, ферментів, вплив на процеси обміну	Від наносекунд ( $10^{-9}$ )
Субклітинний і клітинний	Ураження біологічних мембран, ядер, хромосом та ін. Припинення розподілу та загибель клітин, перетворення їх на недоброякісні	Секунди, хвилини
Тканина, орган	Ураження кісткового мозку, центральної нервової системи, системи травлення та ін. Ймовірна загибель внаслідок утворення недоброякісних клітин	
Цілісний організм	Зменшення тривалості життя	
Популяція	Зміни генетичних характеристик внаслідок мутацій	

#### **Радіочутливість різних груп організмів**

Група організмів	Величина ЛД <sub>50</sub> , Гр
Віруси	62 – 4600
Бактерії	17 – 3500
Водорості	300 – 17 000
Голонасінні	4 – 150
Покритонасінні	10 – 1500
Комахи	580 – 2 000
Молюски	120 – 200
Рептилії	15 – 500
Риби	6 – 55
Птиці	6 – 14
Гризуни	8 – 15
Рогата худоба	1,5 – 2,7
Людина	2,5 – 3

Фізичні величини, що використовуються в радіології, їх одиниці виміру

Фізична величина	Одиниця, її назва та позначення (міжнародне, українське)		Співвідношення між одинацями	
	Позасистемна	СІ	Позасистемної і СІ	СІ і позасистемної
Активність нуклідна у радіоактивному джерелі	Кюрі (Ci, Ki)	Бекерель (Bq, Бк)	$1 \text{ Ki} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$	$1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ki}$
Експозиційна доза	Рентген (R, P)	Кулон на кілограм (C/kg, Кл/кг)	$1 \text{ P} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$	$1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$
Потужність експозиційної дози	Рентген за секунду (R/s, Р/с)	Ампер на кілограм (A/kg, А/кг)	$1 \text{ Р/с} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ А/кг}$	$1 \text{ А/кг} = 3876 \text{ Р/с}$
Поглинена доза	Рад (rad, рад)	Грэй (Gy, Гр)	$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$	$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$
Інтенсивність поглиненої дози	Рад за секунду (rad/s, рад/с)	Грей за секунду (Gy/s, Гр/с)	$1 \text{ рад/с} = 0,01 \text{ Гр/с}$	$1 \text{ Гр/с} = 100 \text{ рад/с}$
Еквівалентна доза	Бер(rem, бер)	Зіверт (Sv, Зв)	$1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}$	$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$
Інтенсивність еквівалентної дози	Бер за секунду (rem/s, бер/с)	Зіверт за секунду (Sv/s, Зв/с)	$1 \text{ бер/с} = 0,01 \text{ Зв/с}$	$1 \text{ Зв/с} = 100 \text{ бер/с}$

Регламентовані радіаційні параметри для різних груп будівельних об'єктів

Регламентовані радіаційні параметри	Припустимі рівні для груп будівельних об'єктів			
	1	2	3	4
Потужність поглиненої дози в приміщенні, МкГр/год (МкР/год)	$\leq 0,26$ (30)	$\leq 0,44$ (50)	не нормується	не нормується
Середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність радону-222, Бк/м <sup>3</sup>	$\leq 50$	$\leq 50$	не нормується	не нормується
Ефективна питома активність ( $A_{\text{еф}}$ ) ПРН у будівельних матеріалах, Бк/кг	$\leq 370$ 1 клас	не нормується	$\leq 740$ 2 клас	$\leq 1350$ 3 клас

### Список джерел

1. Куклев Ю.И. Физическая экология. – М.:Высш. шк., 2003. – 357 с.
2. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е. Общая и экологическая геофизика. – М: МГУ, 2005
3. Авраамов Ю.С., Грачев Н.Н., Шляпин А.Д. Защита человека от электромагнитных воздействий. – М.: МГИУ, 2002. – 232 с.
4. Трухин В.И. Основы экологической геофизики. - СПб.: Лань, 2004. - 384с. (Уч. для вузов)
5. Промислова екологія: навч. посіб./ Апостолук С.О., Джигирей В.С., Апостолук А.С. та ін. – К.: Знання, 2005. – 474 с.
6. Радзишевский А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука. – Изд. дом Вильямс, – 2006. – 288 с.
7. Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Научн. изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1992). <http://www.physicum.narod.ru>
8. Построение диалога о рисках от электромагнитных полей// Всемирная организация здравоохранения, пер. с англ. Н. Шагиной. – Женева: ВОЗ, 2004. – 79 с.
9. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затвердж. наказом МОЗ України № 173 від 19.06.1996 р., додатки №№ 16-23
10. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, постанова МОЗ України № 37 від 01.12.1999
11. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
12. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
13. ГОСТ 12.1.036-81 ССБТ. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.
14. ГОСТ 23337-78 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий.
15. ГОСТ 20444-85 Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики.
16. ГОСТ 27296-87 Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций зданий. Методы измерений.
17. ГОСТ 27679-88 Защита от шума в строительстве. Санитарно-техническая арматура. Метод лабораторных измерений шума.
18. ГОСТ 28100-89 Защита от шума в строительстве. Глушители шума. Методы определения акустических характеристик.
19. <http://www.euro.who.int> – Всемирная организация здравоохранения
20. <http://www.izmiran.rssi.ru> – сайт Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук
21. <http://www.tesla.ru> – Центр электромагнитной безопасности, Россия
22. <http://www.pole.com.ru/index.htm> – Электромагнитные поля и здоровье. Сайт Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений

## Навчальне видання

Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Фізичні основи екології» та «Фізичні аспекти екології» (для студентів 3 курсу денної та 4 курсу заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»)

Укладач: *Ігор Костянтинович Галетич*

Редактор *М.З.Аляб'єв*

Коректор *З.І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання *Ю.П. Степась*

План 2009, поз. 121М

---

Підп. до друку 23.11.09

Формат 60x80 1/16

Друк на ризографі

Ум. друк. арк. 1,2

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001